

トポロジカルデータ解析を用いた YIG における 高速磁化反転現象の時空間解析

Spatiotemporal analysis of fast magnetization reversal process in YIG using topological analysis

東理大¹ ○(M2) 清水 一斗¹, (B) 増澤 賢¹, 小嗣 真人¹

Tokyo Univ. of Sci., ¹Kazuto Shimizu¹, Ken Masuzawa¹, Masato Kotsugi¹

E-mail: 8219533@ed.tus.ac.jp

電気自動車市場の急速な拡大を背景に、モーターのエネルギー変換効率の向上が社会的に求められている。軟磁性材料の高速磁化反転現象は、回転機の高速度駆動時のエネルギー損失(鉄損)を抑制する上で重要な磁気現象である。その一方で異常渦電流を代表例に、ミクロな磁区構造変化とマクロな鉄損や保磁力の関係性は不明な点が多く、高速磁化反転現象の多くは未だ未解明である。そこで本研究では、Persistent homology(PH)を用いて磁区構造の形状を特徴抽出し^[1]、主成分分析(PCA)による次元削減を行うことで高速磁化反転現象の時空間解析を試みた。

試料は Bi 置換 Y₃Fe₅O₁₂ 単結晶薄膜を使用した。また、高速磁化反転の観察には ZEISS 社製 Axio Imager2 光学顕微鏡とハイスピードカメラを用いた。交流磁場の周波数は 10 Hz~60 Hz に変化させ、1000fps で磁区画像を撮影した。また、磁区画像データにマルコフ確率場を用いた信号復元等を利用した後、PH 解析を適用し、Persistence Diagram(PD)を出力し特徴抽出を行った。さらに主成分分析(PCA)を用いてデータを 2 次元に次元削減し、磁区構造と磁化反転過程の関係を可視化した。

YIG の磁気ヒステリシスの周波数依存性を解析した結果、60 Hz でヒステリシスの肥大化が確認できた(Fig. 1)。

PH と PCA による次元削減の結果を示す(Fig. 2)。PC1 と PC2 は互いに直交する基底であり磁区構造の微細組織の特徴を表している。いずれの周波数でも飽和、核生成、保磁力の磁化反転に伴って連続的にデータ点が分布していることが確認できる。保磁力は PC2 のみで表現ができ、周波数と保磁力の増大に伴って、PC2 の固有値が増大していることを確認できる。以上の結果から、周波数に依存した磁区構造と保磁力の関係性を可視化することができた。

引用文献

[1] T. Yamada and M. Kotsugi et al., Vac. Surf. Sci. 62, (2019) 15

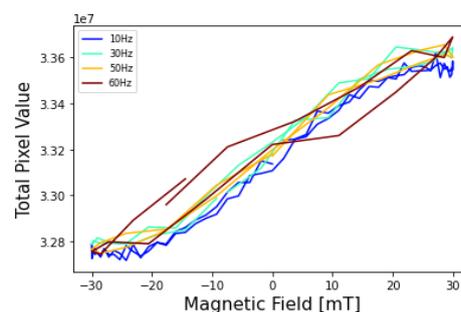


Fig. 1 YIG の磁気ヒステリシスの周波数依存性

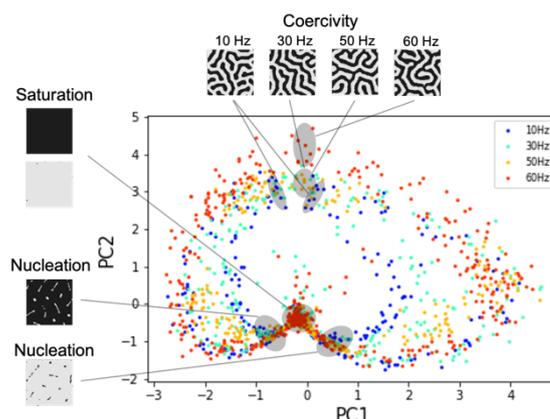


Fig. 2 PH と PCA を用いた次元削減結果。周波数増加に伴う

保磁力の増大が PC2 で捉えられている